R. UNIVERSITÀ DI PISA
ISTITUTO DI PATOLOGIA VEGETALE
E DI MICROBIOLOGIA AGRARIA E TECNICA
R. OSSERVATORIO REGIONALE DI FITOPATOLOGIA

IMPERIAL MYCOLOGICAL INSTITUTE
AUG 1946

149

O. VERONA e L. SURIANI

L' ALIMENTAZIONE MINERALE DEI VEGETALI IN RAPPORTO AL LORO STATO DI SANITÀ.

Estratto dal *Bollettino della Facoltà di Agraria*
Vol. XIII - 1937 - XV

PISA, PREMIATO STABILIMENTO TIPOGRAFICO G. CURSI & FIGLI - 1937 XV

O. VERONA e L. SURIANI

L' ALIMENTAZIONE MINERALE DEI VEGETALI IN RAPPORTO AL LORO STATO DI SANITÀ.

I

TURBE DI ACCRESCIMENTO IN PLANTULE DI FRUMENTO, FAGIUOLO, SENAPE E BARBABIETOLA IN CONSEGUENZA DI ECCESSO O DIFETTO DI BORO.

RIASSUNTO: *Gli Aa, sperimentando l'azione del Boro su alcune piante, hanno accertato che l' elemento esercita su esse azione favorevole in dipendenza del fattore "dose„ e del fattore "mezzo„.*

Riferendosi a questo secondo, chiariscono i rapporti intercorrenti tra Calcio e Boro, stabilendo che il Ca esplica azione disintossicante rispetto al B.; ed altresì prospettano un' azione più o meno contrastante di un sovraccarico in elementi oligodinamici.

Sono state fissate le turbe di accrescimento e le deviazioni istologiche conseguenti al difetto o all' eccesso di Boro; mentre, infine, veniva constatata una diminuzione dell' assorbimento del fosforo correlativamente all' entità della presenza di Boro nel mezzo.

SOMMARIO

Riassunto.
1 – Breve rassegna delle questioni concernenti il Boro e i vegetali.
2 – Parte sperimentale:
- Scelta delle piante e metodo di coltura seguito.
- Risultati delle esperienze.
  - Frumento
  - Fagiuoli
  - Senape bianca
  - Barbabietola

3 – Considerazioni generali e prove complementari.
- Il fattore dose e il fattore mezzo.
- La questione dell' interferenza con il Calcio.
- Esiste forse un carico limite in oligodinamici ?

4 – Conclusioni.

1. - Breve rassegna delle questioni concernenti il boro ed i vegetali. (1)

Già da qualche tempo, specie all' estero. la sperimentazione si occupa dell' influenza che esercita il Boro sui vegetali.

Questo elemento si rinviene in molti terreni essendo un costituente essenziale di alcuni silicati, come si rinviene sotto forma di acido borico o di borati in alcuni depositi marini o salini (Stassfurt), nel nitrato sodico del Cile, in alcuni terreni vulcanici e da noi, sopratutto, nei terreni boraciferi di Larderello.

Cook, con riferimento ai terreni degli Stati Uniti, afferma che il Boro è presente in tutti i suoli agricoli; in Polonia Terlikowski e Nowicki ne hanno trovato quantità oscillanti tra i mgr. 1–14 per Kg. mentre Gorbounova nell'estratto acquoso del terreno ne avrebbe dosati mgr. 0,11–0,25 per Kg.

Nelle piante anche sembra normalmente presente.

Lasciando da parte antiche segnalazioni di Wittstein e Apoiger (1857), Crampton (1887), Peligot (1876), Morel (1892), Jay (1895), Baurneat (1889), Rising (1888), Lipmann (1889), Bechi (1879), molte delle quali si riferiscono alla presenza del Boro nel vino; Agulhon nel 1910 dette notizia di avere rinvenuto costantemente Boro in un determinato numero di piante fino a che Bertrand e De Wall, in epoca del tutto recente (1936), ne fissavano le quantità presenti in un numero considerevole di specie.

Queste ultime ricerche appaiono significative, riferendosi i dati

(1) Gli estremi bibliografici dei lavori pertinenti ai singoli Autori citati non sono stati riportati per brevità, in quanto sull'argomento è in corso di stampa una ampia rassegna.

trovati a vegetali coltivati in un medesimo suolo. Esse indicano che l'elemento trovasi in piante appartenenti a famiglie diverse con il minimo nelle Graminacee; sì da far ritenere una sua normale presenza nel regno vegetale e una differente sua utilizzazione da parte delle singole specie (1).

Quale funzione il Boro eserciti nel complesso metabolico dell'organismo non è per ora ben precisato, sebbene BERTRAND e AGULHON ne ammettano una funzione catalitica. In effetti, sia l'elemento che i suoi derivati (ac. borico, borati, derivati alogenici), ora agevolano, ora ritardano, l'autossidazione della benzaldeide, della propionaldeide, del glicol e di altri composti.

Tuttavia altri, tra i quali WARINGTON prima e JOHNSTON, DORE, e FISHER dopo, attribuiscono al Boro, più che una funzione catalitica, una funzione di complemento nell'alimentazione quale, ad es. esercitano le vitamine nel regno animale.

Quello che sembra dimostrato è che esso deve compiere un qualche ufficio nella fecondazione del fiore. Al riguardo SCHMUCKER trovò nelle ceneri del succo secreto dal pistillo di una Ninfea tropi-

---

(1) – La presenza del B. nel regno vegetale si è voluta, in gran parte, spiegare con il fatto che esso di frequente è contenuto nelle acque d'irrigazione. Per es. reperti di SCOFIELD e WILCOX indicano che nelle acque d'irrigazione della California del S. sono normalmente contenuti 0,15–0,30 mgr. di elemento per Kg.; e, riferendosi ad aranceti di Riverside (camp. I e II) e di S. Clara Valley (camp. III e IV), hanno trovato (mgr. per Kg. di sostanza secca o mgr. per Kg. di acqua):

	camp. I	camp. II	camp. III	camp. IV
acqua d'irrigazione	0,20	0,35	1,25	2,45
foglie di aranci	35,—	90,—	515,—	854,—
polpa secca di aranci	10,—	11,—	22,—	38,—
buccia secca di aranci	21,—	22,—	40,—	44,—

cale circa l'1 % di $B_2 O_3$; mentre VERDA nelle ceneri dello Zafferano ha dosato circa il 3,4 % di $H_3 BO_3$.

Inoltre, BOBKO, MATVEEVA e SYVOROTKIN nei fiori di *Pirus malus* L. avrebbero trovato:

	ceneri % di s. secca	B. in mgr. s. secca	per Kg. di ceneri
pistilli	5,-	74,1	1,455
stami	8,-	48,2	0,601
petali	6,3	64,8	1,031
ricettacolo e ovario	9,5	54,7	0,447
foglie	8,7	38,9	0,447

Grandi quantità si rinvengono, quindi, negli organi fiorali: in ogni caso quantità maggiori che negli organi vegetativi e assorbenti. (1)

Certo è che moderate somministrazioni al terreno sortono in genere esito favorevole, mentre una forte quantità può risultare dannosa.

Per quanto concerne le azioni di stimolo già NAKAMURA (1903) aveva ottenuto benefici effetti su colture di spinacio applicando per ogni Kg. di terra 1 mgr. di Boro. Molto più tardi BRENCHLEY (1914), sperimentando a ROTHAMSTED, trovò che soluzioni contenenti acido borico nelle quantità dello 0,001 ‰ agevolano lo sviluppo delle piante.

Quantità di B. contenuto in un arancio	mgr.			
polpa	0,17	0,15	0,30	0,58
buccia	0,31	0,26	0,60	0,55
tutto il frutto	0,48	0,41	0,90	1,13

(1) – Nulla sappiamo sotto quale stato di combinazione si rinvenga l'elemento. Si tratterà probabilmente di complessi organo-metallici. Si sa del resto che l'H_3BO_3 facilmente si unisce con gli zuccheri mentre sono note sue combinazioni complesse con gli alcool polivalenti.

Presso chè nella stessa epoca MAZÉ trovò il B. indispensabile allo sviluppo del Mais; VINSON e CATLIN trovarono che la quantità giusta di elemento da aggiungersi al suolo è di gr. 1850 circa ad Ea.. Secondo esperienze eseguite da GALLI nel 1921-22 nessun incremento produttivo si registrò sulla Canapa in seguito ad aggiunte al terreno, concimato e non concimato, di acido borico o di borato sodico, mentre risultati positivi si ottennero su Mais, Frumento e Avena. WARINGTON constatò lo sviluppo massimo di piante di *Vicia faba* L. in soluzioni contenenti lo 0,000008-0,004% di ac. borico e JOHNSTON e DORE lo constatarono in piante di Pomodoro per concentrazioni di ac. borico dello 0,00005 %. CUSUMANO per Lupini e Fagiuoli fissò la concentrazione migliore in gr. 0,5 a mq.. SWANBACKE e sopratutto MC.MURTREY (1929-33), sperimentando su Tabacco, pervennero ad analoghi buoni risultati come BOBKO e BELVOUSSOV (1933) su Barbabietola da zucchero.

Successivamente HAAS trovò che il Cedro non può fare a meno di piccole quantità di Boro; FACUNDES che aggiunte di Boro sortono risultati benefici su *Vicia faba* L. *Phaseolus lunatus* L. e *Glycine max* Men. Infine, BOBKO, MATVEEVA e SYVOROTKIN riscontrarono che il Boro esercita effetti favorevoli sullo sviluppo della Senape bianca.

Da queste poche indicazioni emerge, adunque, in modo non dubbio che il Boro, comunque agisca, se aggiunto in moderate dosi al terreno influenza beneficamente la vegetazione.

Ne segue allora che una sua deficienza (1) si riflette sul rendimento della pianta il cui sviluppo e la cui struttura risultano alterati.

---

(1) – La carenza del Boro assume rapporti con altri elementi e composti in quanto sembra che venga a rendersi inutilizzabile qualora nel suolo siano presenti forti quantità di carbonato di calcio (v. il presente lavoro) o di magnesio. Analoga considerazione può essere fatta per quanto concerne i rapporti che nel terreno il B. assume con il ferro (SIDERIS e KRAUSS).

Per quanto si riferisce alle modificazioni di natura citologica nulla sappiamo. Dal punto di vista istologico le deviazioni debbono ritenersi di non scarso interesse, almeno per quanto è dato di arguire da osservazioni di KLITZ (secondo il quale il Boro si renderebbe indispensabile all' evoluzione dei tessuti meristematici) e dall' esame del bel lavoro di WARINGTON. Questi, particolarmente occupandosi delle modificazioni che si determinano, in difetto di Boro, su piante di *Vicia faba* L., avrebbe notato ipertrofia nelle cellule del cambio, seguita da degenerazione od anche diretta disintegrazione, senza previo ingrossamento delle cellule. Avrebbe osservato, inoltre, disintegrazione del floema e del parenchina fondamentale; scarso sviluppo dello xilema ed in alcuni casi lacerazione del medesimo.

Reperti non molto dissimili furono registrati su *Pisum sativum* L. da SOMMER e SOROKIN e su *Solanum lycopersicum* L. da SCHREVEN; mentre BRENCHLEY e THORNTON, particolarmente occupandosi dello sviluppo dei tubercoli radicali delle Leguminose, trovarono che il B. si rende necessario, più che al loro sviluppo, alla loro differenziazione e funzione. Infatti, nei tubercoli B.-carenti essi avrebbero trovato ridottissimo il numero delle tracheidi per mezzo delle quali si determina il trasporto degli elaborati prodotti dalla pianta necessari ai Batteri simbionti e viceversa.

Per quanto, infine, si riferisce alle deviazioni di ordine anatomico, risentono anzitutto danno, per l' assenza di Boro, gli organi della riproduzione; ma anche in molte piante le gemme e (VAN GENNEP) l'apparato radicale. In linea di massima, questi effetti si riflettono esteriormente con arresto di sviluppo, ingiallimento delle nervature fogliari e, bene spesso, ingiallimento e disseccamento di tutta la foglia.

Fatti del genere hanno ad es. riscontro in *Lupinus luteus* L. (VAN GENNEP).

Nel Tabacco (MC MURTREY) un rallentato sviluppo della parte

aerea e radicale è accompagnato dalla colorazione verde chiara delle foglie, sovratutto delle foglioline componenti la gemma terminale. Tale colorazione è seguita dalla morte dei tessuti e dal disseccamento della gemma stessa. Le piante di Tabacco B–carenti emanano, infine, un debole odore aromatico simile a quello dei fiori. Osservazioni analoghe sono state fatte da altri (MES), avuto specialmente riguardo ai caratteri che accompagnano la gemma terminale e l' atrofia delle radici.

Le piante di Mais si sviluppano allungate, pallide, con strie quasi trasparenti (VAN OVERBEEK).

Nel Pomodoro (VAN SCHREVEN) si determina un rallentamento nello sviluppo delle radici e della parte aerea; rallentamento che conduce alla produzione di radici secondarie e di gemme ausiliarie: nello stesso tempo le foglie s'incurvano, s'inspessiscono e presentano aree di decolarazione.

Secondo VAN SCHREVEN queste condizioni sono tuttavia eliminabili mediante aggiunte di Boro nella quantità dello 0,0005‰.

Disturbi derivanti dalla mancanza di Boro sono stati, infine, descritti su piante di Lattuca (MC HARGUE e CALFEE); e, con abbondanza di segnalazioni, su Barbabietola per quanto ha riferimento a quella malattia nota da noi con il nome di "mal del cuore„ (1).

Attribuita prima e da taluni ancora al parassitismo di *Phoma betae* FRANK *(Phyllosticta tabifica* PRILL. et DEL., f. c. di *Sphaerella tabifica* PRILL. et DEL.) secondo segnalazioni di PRILLIEUX nel 1891 e di FRANK nel 1893, essa si manifesta con ingiallimento e disseccamento delle foglie più esterne nel cui picciuolo si notano macchie biancastre prodotte dalla disorganizzazione dei tessuti. Per mezzo

(1) – "Maladie du cœur„ o "pourriture du cœur de la betterave „ dei francesi; "Herz und Trocken-faule der Zuckerrüben„ dei tedeschi; "Heart-rot of Sugar Beet„ degli inglesi.

dei fasci fibro-vascolari l'alterazione si diffonde fino al "cuore„ della Bietola provocando la morte delle giovani foglie.

In seguito fu accertato (ESMARCH 1928, GAUMANN 1928, GALLACHER 1929, GAUMANN 1930) che tale malattia si rinviene soltanto nei terreni neutri o alcalini. Successivamente BRANDENBURG (1931-32) credette di poter escludere il parassitismo del *Phoma* o di attribuire alla sua presenza valore accidentale e relazionò la malattia ad una deficienza di Boro.

Il predetto sperimentatore escluse altresì la diretta influenza degli ioni OH i quali agirebbero solo in quanto determinano la immobilizzazione del Boro. L'ipotesi di BRANDENBURG ha trovato conferma nei reperti di KAUFMANN (1934), FOEX e BURGEVIN (1934), SOLUNSKAJA (1934) HUGLES e MURPHY (1935), BRIOUX e JOUIS (1935) e GRAM, BERNARD, NEUWEILER, KOTILA e COONS, DOERELL (1936), ecc.

Sta di fatto, ad ogni modo, che *Phoma betae* non si rinviene in piante sviluppate in presenza di B.; circostanza che sta per lo meno a dimostrare come l'elemento esercita un non dubbio ufficio nella prevenzione del male.

D'altra parte, se questo elemento in quantità pari al 5-15‰ dispone le colture di Orzo all'attacco di *Helminthosporium sativum*, è anche vero che per la sua assenza le stesse piante sono più facilmente soggette all'infezione dell'*Erysiphe graminis* (EATON).

Ancora all'assenza di B. si vuole poi relazionato da parte di O'BRIEN e DENNIS (1935-36) un particolare malanno del Navone, identico, a quanto sembra, alla malattia del cuore bruno ("brown heart„) delle Rape; malattia questa che, come l'altra, viene contrastata aggiungendo al terreno, per acre, 10 libbre di tetraborato sodico (MC. LEOD e HOWATT, WHITEHEAD).

Del resto, nel ricordato lavoro di HOAGLAND e SNYDER si legge che le piante di Fragola sviluppate in vasi contenenti Boro rimane-

vano pressochè esenti da attacchi di *Sphaerotheca humuli*, mentre le piante allevate con la soluzione nutritiva normale erano fortemente attaccate.

Secondo ASKEW, infine, (1935) anche una specie di suberosi ("internal cork„ o "corky-pit„) delle mele sarebbe da porsi in relazione alla carenza di B.; ([1]) mentre GIGANTE (1935) ha constatato che, in presenza di questo elemento, diminuisce la recettività delle piante di Frumento per la *Puccinia triticina* e per la *Puccinia glumarum*.

L'effetto stimolante o comunque benefico del Boro, in difetto del quale si manifestano le turbe segnalate o più facili attacchi parassitari di alcune piante, non va considerato indipendentemente da un effetto tossico verificantesi quando l'elemento stesso si trovi in concentrazioni troppo elevate. La bibliografia ci offre numerose segnalazioni al riguardo (PROULX e altri, SCHREINER e altri, CONNER e FERGUS, BLAIR, BLAIR e BROWN, BRECKENRIGDE, ROSS e HAYEN, LIPMAN e BLAIR, SCOFIELD e WILCOX, WEBBER). Esse sono dovute specialmente alle scuole americane che si dovettero occupare dell'influenza del Boro sulla vegetazione allorquando in America, a causa della grande guerra e delle mancate importazioni dei sali di STASSFURT, si fu costretti ad impiegare mescolanze varie di concimi.

Le numerose segnalazioni di danni colà subiti contrastano tuttavia con i reperti dalla maggioranza degli Autori europei ed asiatici; ed è a presumersi, con BRUNO, che gli sperimentatori americani abbiano impiegato come sorgente di Boro sostanze impure di altri elementi tossici.

([1]) – Recentemente questo sperimentatore in collaborazione con CHITTENDEN (1936) ha provato ad inoculare in ogni pianta gr. 2–5 di Borace in soluzione ed è riuscito a prevenire e anche a curare il male.

2. – Parte sperimentale.

A) – *Scelta delle piante e metodo di coltura seguito.*

Le piante delle quali ci siamo serviti nelle presenti ricerche furono Frumento, Fagiuolo, Senape bianca e Barbabietola. Esse vennero allevate in vasi cilindrici di vetro avvolti all' esterno da carta nera.

Le soluzioni nutritive impiegate furono la soluzione di Knop e la soluzione di Mazè aventi, come è noto, la seguente composizione:

Sol. di Knop		Sol. di Mazè	
Acqua bidistillata	1000	Acqua bidistillata	1000
solfato di magnesio	0,25	nitrato di sodio	0,5
nitrato di calcio	1,—	fosf. ac. di potassio	0,5
fosf. ac. di potassio	0,25	solfato di magnesio	0,1
cloruro sodico	0,12	solfato ferrico	0,05
cloruro ferrico	tr.	silicato di potassio	0,02
		cloruro di zinco	0,02
		cloruro di manganese	0,02
		carbonato di calcio	1,5
		solfato di alluminio	0,01
		borato sodico	0,004
		fluoruro di potassio	0,002
		ioduro di potassio	0,004

Nella soluzione di Mazè, naturalmente, fu eliminato il borato sodico. Il pH di questa si aggirò su 7,1 e quello della soluzione di Knop su 7,2.

La soluzione di Knop nei vasi di coltura veniva rinnovata ogni 3-4 giorni, mentre la soluzione di Mazè, non venendo mai rinnovata

nel corso delle esperienze, fu periodicamente arieggiata mediante passaggio di aria.

La ricerca del Boro nelle soluzioni di controllo, eseguita su 100 cc. di liquido, fu sempre negativa.

L'elemento fu aggiunto sotto forma di acido borico in quantità tali da avere un carico in Boro, nella soluzione di KNOP, dello 0,025-0,01 - 0,005 - 0,001 - 0,0005 ‰; e nella soluzione di MAZÈ un carico in B. dello 0,0005 - 0,00025 - 0,0001 - 0,00005 ‰.

Queste quantità vennero dedotte dell'esame dei risultati conseguiti dai precedenti sperimentatori. L'impiego di due diverse soluzioni nutritive, scelte in modo da aversi una (KNOP) a carico piccolo in oligodinamici, e l'altra (MAZÈ) a carico forte, fu motivato dall'idea di voler comparare il comportamento del Boro, su di una stessa pianta, in terreni di diversa composizione.

B) - *Risultati delle esperienze.*

FRUMENTO

Esperienza 1ª - Soluzione di KNOP:

N. dei vasi (ogni vaso n. 3 piante)	B. aggiunto gr. ‰	pH iniz. d. soluzioni
1 - 2	—	7,2
3 - 4	0,0005 = gr. 0,0028 H_3BO_3	7,2
5 - 6	0,005 = gr. 0,028 H_3BO_3	7,1
7 - 8	0,01 = gr. 0,056 H_3BO_3	7,1
9 - 10	0,025 = gr. 0,14 H_3BO_3	7,-
11 - 12	0,05 = gr. 0,28 H_3BO_3	6,9
13 - 14	0,1 = gr. 0,56 H_3BO_3	6,9

Cariossidi di Frumento furono fatte germinare al buio, in termostato, in un comune germinatoio. Raggiunta le plantule 4-6 cm. di altezza, il 27-1-1937 furono trasportate nella soluzione, procedendosi durante l'esperienza a rilievi biometrici e generali. I primi figurano nella Tabella annessa.

I dati raccolti indicano (v. anche fig. 1) che l'azione del Boro sulle piantine di Frumento si è dimostrata favorevole per quantità non superiori allo 0,025 ‰ in elemento. Oltre tale quantità l'incremento in altezza è andato decrescendo.

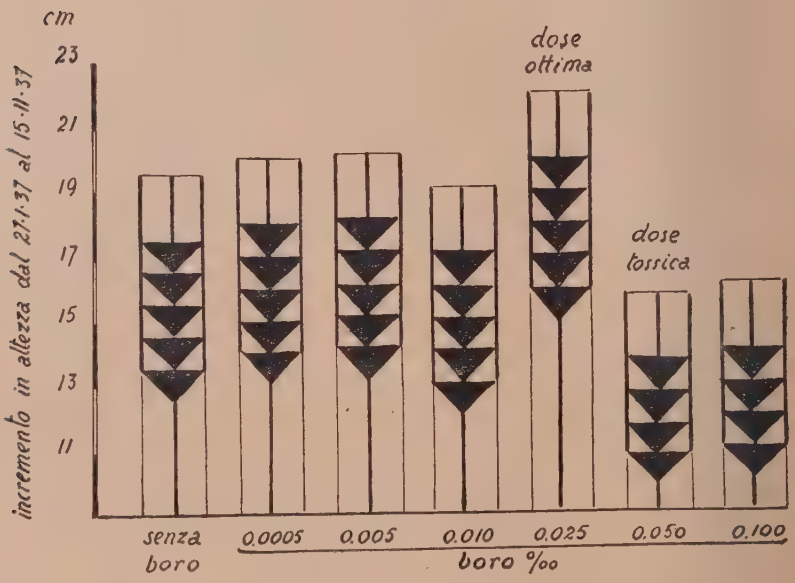

Fig. 1 – Incremento medio, in altezza, raggiunto da piantine di Frumento allevate in assenza o in presenza di diverse quantità di Boro.

Per quanto si riferisce alle osservazioni di ordine generale, dopo 7 giorni di coltura si notarono nelle piante allevate in soluzioni contenenti maggiori quantità di Boro (vasi n. 11–12 e 13–14;

B = 0,05 e 0,1 ‰) fenomeni di decolorazione particolarmente visibili agli apici delle foglie.

Trascorsi 15 giorni i fenomeni clorotici non progredirono diffusamente ma si iniziò in alcune piante, e fu evidente in altre, il disseccamento degli apici fogliari. Tale disseccamento si manifestò progressivamente più intenso a partire dai vasi 7 – 8 (B = 0,01 ‰) fino ai vasi 13-14. L'area necrotica fu sempre accompagnata, delimitata anzi, da una zona clorotica. In questa la disorganizzazione dei cloroplasti apparì evidente (Fig. 2).

L' apparato radicale risultò normale dove il Boro era contenuto nella quantità dello 0,025 ‰. Notevolmente ridotto dove il Boro era presente in quantità maggiori; meno sviluppato, ma più allungato, nelle piante B-carenti (Fig. 3).

A fine esperienza le piante furono essiccate a 110°C., e pesate. Furono incenerite e, nelle ceneri, fu dosata la quantità percentuale di Boro presente, all'uopo seguen-

Fig. 2 – Il tipico aspetto delle foglie di Frumento allevate in assenza di Boro (1) o in presenza dell'elemento in quantità dello 0.01 ‰ (2), 0.05 ‰ (3), 0.1 ‰ (4) aggiunto nella soluzione di KNOP.

Rilievi biometrici relativi a plantule di Frumento sviluppate in assenza o in presenza di quantità varie di Boro (altezza in cm. della parte aerea).

N. dei vasi	27–I–37		29–I–37		31–I–37		3–II–37		8–II–37		15–II–37		incremento medio dal 27-I-37 al 15-II-37
1	5.8 6.6 4.–	5.47	11.5 14.– 9.3	11.60	17.– 20.2 16.4	17.87	19.2 22.5 21.2	20.97	19.3 26.– 21.7	22,33	23.– 29.5 21.7	24.77	19.59
2	7.– 6.– 5.9	6.30	15.– 11.– 12.5	12.83	22.5 16.– 19.6	19.37	28.– 20.– 23.–	23.67	28.– 22.2 23.–	24.4	28.1 25.2 25.3	26.20	
3	6.– 6.– 6.–	6.—	11.5 11.– 11.–	11,17	17.7 17.7 16.5	17.30	20.7 22.3 23.–	22.—	22.4 22.4 24.5	23.1	27.9 22.4 32.2	27.50	19.98
4	7.– 6.9 6.5	6.80	12.– 12.– 11.6	11.87	18.5 16.– 17.–	17.17	21.5 19.– 20.8	20.43	24.1 23.7 20.8	22.87	28.– 23.7 24.1	25.27	
5	6.8 5.5 6.–	6.10	12.4 10.2 10.7	11.10	18.5 16.– 16.–	16.83	23,2 20.2 20.5	21.30	24.– 23.– 20.–	22.33	28.5 28.2 20.5	25.73	20.42
6	5.2 3.5 3.5	4,07	11.3 7.6 9.5	9.47	17.– 13.7 17.6	16.10	20,– 19.– 22.5	20.50	20.– 25.– 23.–	22.66	20.3 29.– 26.5	27.60	

7	5.5 4.5	5.17	10.5 9.–	10.17	16.– 15.3	16.10	20.5 19.5	20.90	20.6 19.7	21.—	24.– 25.–	25.33	19.06
8	5.– 3.8 6.–	4.93	9.8 7.5 10.8	9.37	16.– 14.– 16.9	15.63	22.5 21.– 19.5	21.– –	22.7 21.– 19.5	21.10	26.5 22.5 20.–	23.—	
9	7.– 6.– 6.5	6.17	11.6 11.5 12.2	11.77	17.5 17.– 17.2	17.25	22.7 21.5 20.–	21.40	24.– 25.5 22.1	23.87	29.– 30.– 27.2	28.73	22.44
10	7.5 7.– 6.8	7.10	12.5 12.– 11.5	12.—	18.7 17.7 16.4	17.60	23.– 22.1 20.–	21.70	23.5 23.5 27.6	24.87	27.6 27.– 31.5	28.70	
11	5.3 4.3 7.2	5.60	11.– 9.– 12.–	10.67	17.5 14.7 16.1	16.10	23.– 21.– 17.–	20.33	23.1 21.4 17.–	20.50	23.5 23.– 17.–	21.50	15.71
12	6.5 5.5 4.8	5.60	12.– 9.– 8.8	9.93	17.– 14.70 14.70	15.47	20.– 20.2 20.8	20.33	20.– 20.2 21.–	20,40	23.5 20.2 21.–	21.57	
13	4.– 3.8 3.8	4.20	8.7 7.7 8.7	8.37	13.8 13.1 13.2	13.37	19.– 18.5 17.5	18.33	19.– 18.5 18.–	18.50	19.5 20.6 18.–	19.37	16.93
14	6.3 6.2 7.5	6.66	14.4 12.6 13.–	13.33	19.4 17.6 18.3	18.43	23.5 23.5 22.–	23.—	23.5 23.8 23.–	23.43	— 24.2 26.5	25.35	

do il metodo alla curcuma secondo le ultime indicazioni di BER-

Fig. 3 – Aspetto delle radici di piantine di Frumento allevate in sol. di KNOP assente Boro (1) o presente in quantità dello 0.025‰ (2) e dello 0.1‰ (3).

TRAND e AGULHON (1). Risultò:

(1) – BERTRAND G. et AGULHON H. – *Sur une méthode permettant le dosage de quantités extrêmement petites de Bore dans les matières organiques.* Bull. Sc. Pharmacologiques, 21, *N. 2, 1914.*

N° dei vasi (ogni vaso n° 3 piante)	mgr. di s. secca a 110°C. nei vasi				mgr.di ceneri		mgr. B in 100 di ceneri
	foglie	radici	totale	per pianta	totali	per pianta	
1 – 2 Controllo	142	41	183	30.5	38.4	6.4	0.0026
3 – 4 B = 0.0005 ‰	152	40	192	31.9	42.–	7.–	0.0119
5 – 6 B = 0.005 ‰	156	39	195	32.5	43.–	7.–	0.1190
7 – 8 B = 0.010 ‰	129	35	164	27.3	?	?	?
9 – 10 B = 0.025 ‰	152	45	197	32.8	36.–	5.47	0.2083
11 – 12 B — 0.05 ‰	116	35	151	30.2	?	?	?
13 – 14 B = 0.1 ‰	107	35	140	28.–	26.–	5.20	0.3846

Questa prima esperienza dimostrò:

a) che piantine di Frumento allevate in soluzione di KNOP si giovano nel loro sviluppo della presenza di Boro fino ad un contenuto in elemento pari allo 0,025 ‰;

b) che quantità superiori a quelle fissate sortono effetti sfavorevoli, registrandosi minore sviluppo e minore resa di prodotto;

c) che tali turbe di sviluppo sono accompagnate dall' ingiallimento degli apici fogliari seguito da disseccamento;

d) che la quantità di Boro assorbita è in relazione a quella presente nel mezzo.

A margine dell' esperienza 1.ª si volle vedere come la quantità eccessiva di Boro influisse sull' assimilazione del fosforo; e ciò in quanto alcuni reperti istologici avevano dimostrato una riduzione dei tessuti dove il fosforo è di norma maggiormente contenuto.

Questa esperienza fu allestita seguendo un procedimento sperimentale analogo a quello descritto.

E, cioè, una serie di piante fu allevata in soluzione KNOP; un altra in soluzione di KNOP addizionata dello 0,1 ‰ dell'elemento sotto forma, sempre, di acido borico.

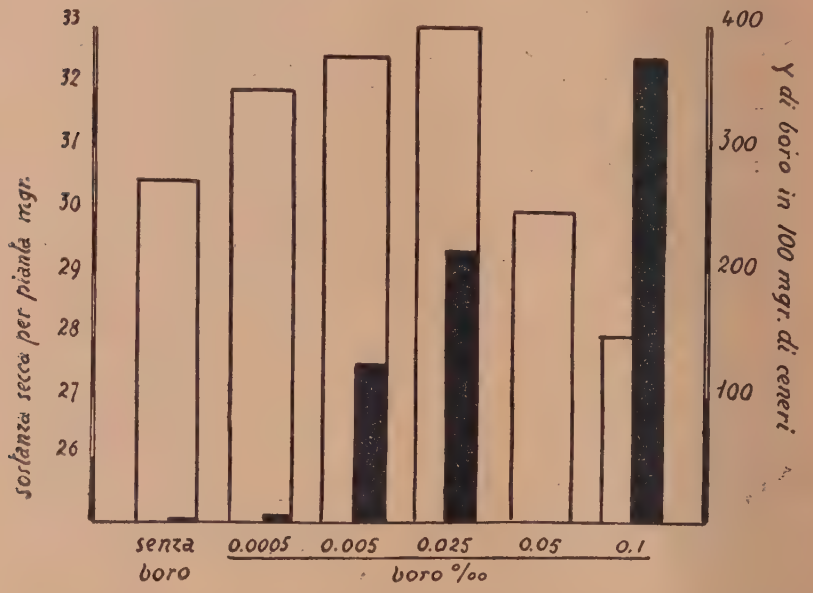

Fig. 4 – Produzione di sostanza secca per pianta e quantità percentuali di Boro nelle ceneri (rettangoli in nero) in piantine di Frumento sviluppate in assenza o in presenza di quantità varie di Boro.

Al termine dell'esperienza le piante furono essiccate, rilevandosi i pesi corrispondenti; e, nelle ceneri, fu determinata poi la P_2O_5 con il micrometodo di BERTRAND e TOMAS.

Si ottenne:

In 6 piantine	mgr.di s. sec. a 110°C			mgr. di ceneri			mgr. di P_2O_5 sopra il totale delle ceneri	P_2O_5% delle ceneri
	foglie	radici	totale	foglie	radici	totale		
senza Boro	167.4	39.–	206.4	29.–	5.–	34.–	7.350	21.61
con Boro (0,1‰)	117.–	22.–	139.–	13.–	2.–	15.–	2.670	17.80

provandosi così, a conferma della tesi prospettata, che il Boro, per lo meno in eccesso, ostacola l'assimilazione del Fosforo.

Esperienza II – Soluzione di Mazé

N° dei vasi (ogni vaso n° 3 piante)	B. aggiunto gr. ‰
1 – 2	—
3 – 4	0.00005 gr. 0.00028 H_3BO_3
5 – 6	0.0001 gr. 0.00056 H_3BO_3
7 – 8	0.00025 gr. 0.0014 H_3BO_3
9 – 10	0.0005 gr. 0.0028 H_3BO_3

Come è stato premesso la soluzione di Mazè non fu periodicamente rinnovata a differenza della soluzione di Knop impiegata per l'esperienza 1.ª; ma venne periodicamente aereata. Il pH finale non si spostò da quello iniziale che aggiravasi intorno a 7.1.

Le cariossidi, al solito, furono fatte germinare a parte in germinatoio. In soluzione di Mazè furono messe il 24–11–37, rilevandosi l'altezza che fu poi misurata durante l'intiero decorso dell'esperienza.

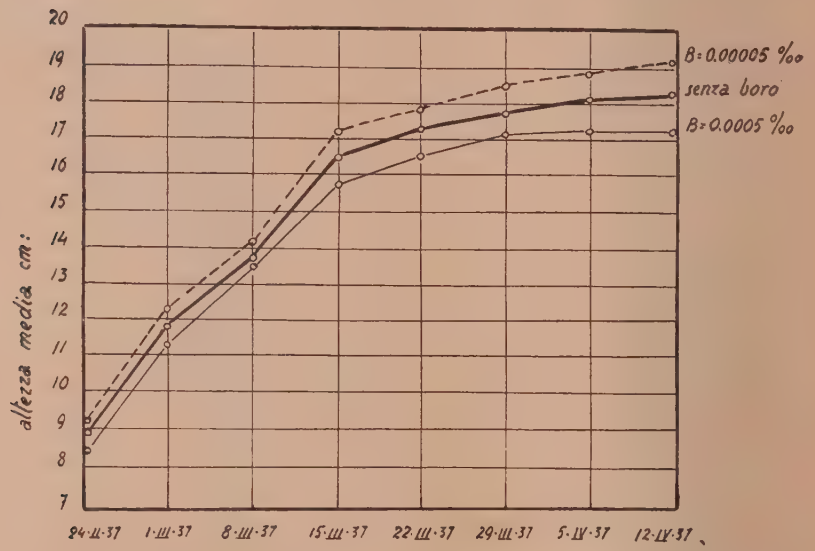

Fig. 5 – Sviluppo in altezza di piantine di Frumento allevate in soluzione di Mazè presente o assente Boro.

Ad esperimento ultimato le piantine furono essiccate, incenerite e, nelle ceneri, determinate le quantità di Boro e di P_2O_5 presenti.

N° dei vasi (ogni vaso n. 3 piante)		mgr. di sost. sec. a 110°C nei vasi foglie	radici	totale	per pianta	mgr. di ceneri nei vasi foglie	radici	totale	per pianta	mgr. B nel totale delle ceneri	in 100 di ceneri	mgr. P_2O_5 nel totale delle ceneri	in 100 di ceneri
1-2	controllo	258	70	328	54.7	46	18.4	64.4	10.7	0.001	0.00155	9.30	14.40
3-4	B=0.00005‰	269	62	331	55.1	48.2	9	57.2	9.5	0.002	0.00349	9.30	16.30
5-6	B=0.00010 „	223.4	58	281.4	46.9	39	9.2	48.2	8	0·002	0.00435	7.34	15.20
7-8	B=0.00025 „	235	63	298	49.7	43	8	51	8.5	0.01	0.01960	6.86	13.40
9-10	B=0.00050 „	216	52.2	268.2	44.7	34.5	9	43.5	7.2	0.02	0.04595	5.38	12.50

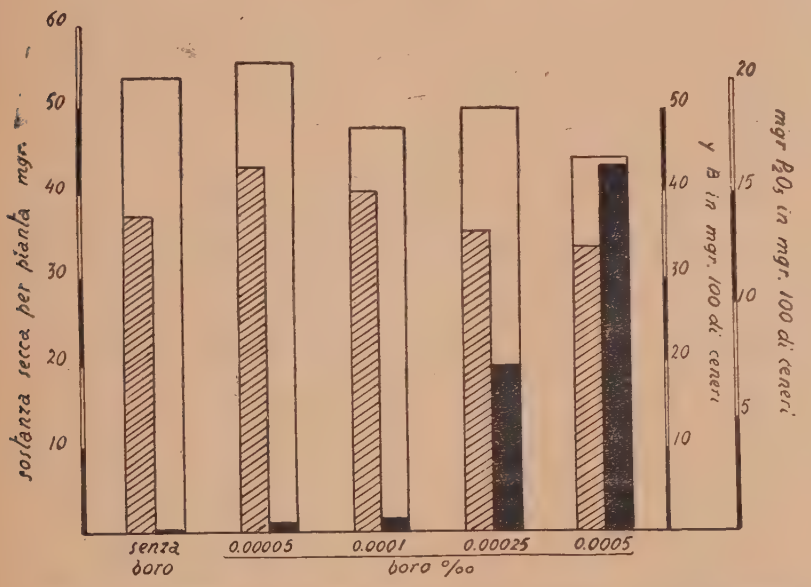

Fig. 6 – Produzione di sostanza secca per pianta (rettangolo bianco), quantità percentuale di Boro assorbita (rettangolo nero), quantità percentuale di P_2O_5 assorbita (rettangolo a tratto), in piante di Frumento allevate in soluzione di Mazè presente o assente Boro.

Questa seconda esperienza dimostrò:

a) – che l'influenza benefica del Boro in piantine di Frumento allevate in soluzione di Mazè (ricca assai in elementi oligodinamici) è di gran lunga meno evidente che nella soluzione di Knop;

b) – che un carico di Boro superiore allo 0,00005‰ è già capace di produrre turbe di crescenza e minore produzione;

c) – che decisamente tossica si manifesta l'aggiunta al mezzo dello 0,0005 ‰ di Boro, quantità invece favorevole nel liquido di Knop.

d) – che l'assorbimento in Boro è proporzionale alla quantità di elemento presente nel mezzo.

Rilievi biometrici relativi a plantule di Frumento sviluppate in assenza

N° dei vasi	24-II-37		1-III-37		8-III-37		15-III-37	
1	11.– 7.– 7.8	8.90	15.6 10.– 11.4	12.33	16.7 12.5 14.2	14.37	18.7 14.7 15.5	16.30
2	11.– 9.– 7.5	9.17	11.7 11.8 10.2	11.27	13.– 13.4 12.5	12.97	16.3 17.3 16.2	16.60
3	9.5 7.– 8.2	8.23	11.9 9.3 11.2	10.80	14,1 12.– 13.5	13.20	16.4 15.– 16.–	15.80
4	12.– 7.7 9.–	9.57	16.3 11.1 13.–	13.47	16.5 13.– 13.5	14.33	18.5 19.2 17.6	18.43
5	10.8 9.– 7.5	9.10	12.– 12.5 10.–	11.50	13.5 13.2 12.7	13.13	17.– 17.5 16.6	17.03
6	9.– 8.2 7.2	8.13	12.3 12.4 11.4	12.03	13.6 14.9 13.7	14.07	16.4 17.5 17.–	16.97
7	9.4 7.7 9.–	8.70	16.– 11.– 11.9	12.97	16.5 13.3 12.5	14.10	21.– 18.5 16.–	18.50
8	10.– 9.5 10.4	9.99	15.– 13.4 12.8	13.73	15.8 15.4 14.2	15.13	18.– 16.1 16.1	16.73
9	10.– 9.8 6.6	8.80	12.– 11.5 9.4	10.97	13.4 16.– 11.8	13.73	15.1 16.5 12.5	14.70
10	10.6 7.– 6.2	7.93	12.6 12.4 9.7	11.57	15.– 15.– 13.4	14.37	17.1 17.5 16.–	16.87

presenza di quantità varie di Boro (altezza in cm. della parte aerea).

22-III-37		29-III-37		5-IV-37		12-IV-37		incremento medio dal 24-II-37 al 12-IV-37
19.–		19.1		19.2		19.7		
15.2	16.90	16.–	17.53	17,-	17.57	16.–	17.73	
16.5		17.5		17.5		17.5		9.18
18.2		18.3		18.3		18.3		
17.4	17.70	17.8	17.93	17.8	18.53	18.1	18.70	
17.5		17.7		19.5		19.7		
16.5		17.9		18.–		18.4		
15.6	17.23	16.2	16.93	16.5	17.50	16.5	17.63	
16.6		16.7		18.–		18.–		10.18
19.5		21.5		22.5		22.8		
19.6	19.27	20.–	19.90	20.1	20.37	20.1	20.53	
18.–		18.2		18.5		18.7		
17.5		18.6		18.7		18.8		
18.2	17.57	18.7	18.30	18.7	18.33	19.5	18.66	
17.–		17.6		17.6		17.7		9.98
17.3		18.5		18.5		18.5		
17.8	17.57	18.–	18.17	18.3	18.30	18.6	18.53	
17.5		18.–		18.1		18.5		
21.5		21.6		21.6		21.6		
19.–	18.90	19.1	19.03	19.2	19.13	19.2	19.27	
16.2		16.4		16.6		17.–		9.23
18.2		18.3		18.7		19.6		
17.–	18.30	17.–	17.37	17.–	17.57	17.–	17.87	
16.7		16.8		17.–		17.–		
15.2		15.8		16.–		16.–		
17.5	16.07	17.6	16.30	17.6	16.40	17.6	16.40	
15.5		15.5		15.6		15.6		8.90
17.4		19.–		19.3		19.3		
17.8	17.23	18.–	17.93	18.1	18.03	18.1	18.13	
16.5		16.8		17.–		17.–		

e) – che aumentando l'assorbimento in Boro diminuisce l'assorbimento del Fosforo.

Fagiuoli

Esperienza I – Soluzione di Knop

N° dei vasi (ogni vaso una pianta)	B aggiunto gr. ‰
1 – 2	—
3 – 4	0.0005 gr. 0.0028 H_3BO_3
5 – 6	0.001 gr. 0.0056 H_3BO_3
7 – 8	0.005 gr. 0.028 H_3BO_3
9 – 10	0.01 gr. 0.056 H_3BO_3
11 – 12	0.025 gr. 0.14 H_3BO_3

I semi di fagiuolo furono messi a germinare in germinatoio e poi trasportati nelle soluzioni (2-II-1937). L'esperienza fu protratta per un mese durante il quale vennero eseguiti i seguenti rilievi:

a) – nei vasi 3 – 5 le piante si presentarono meglio sviluppate del controllo con foglie più larghe e più verdi;

b) nei vasi 9 – 10 e, sopratutto, 11 – 12, si manifestarono disturbi di tossicità consistenti nell'ingiallimento e nell' arrotolamento del lembo fogliare al cui margine si vennero formando aree necrotiche;

c) – siffatta alterazione andò aumentando con il tempo fino a portare le piante dei vasi 11 – 12, dopo un mese di esperienza, quasi sul punto di perire.

Infatti, la regione apicale del lembo era quasi completamente ne-

crotizzata mentre i suoi margini completamente e profondamente arrotolati, presentavano aree brune nella regione internervale.

Nell'interrompere l'esperienza furono eseguite alcune osservazioni istologiche tagliando i fusticini poco al di sopra dei cotiledoni. Nelle sezioni di piante allevate in assenza di Boro e in confronto di quelle

Fig. 7 – Aspetto delle piantine di Fagiuolo allevate in soluzione di KNOP assente o presente Boro (piantine messe in soluz. il 2-II-1937, fotografate il 24-II-1937)

1, senza Boro; 4, B = 0.0005 ‰; 6, B = 0.001 ‰
8, B = 0.005 ‰; 10, B = 0.01 ‰; 12, B = 0.025 ‰

allevate in presenza di moderate quantità dell' elemento (B = = gr. 0,0005‰) fu notata sopratutto la frequente ipertrofia di alcune cellule del parenchima corticale e la esistenza di profonde aree di disintegrazione nella zona dei fasci. Nelle piante allevate in presenza di quantità forti di Boro (B = 0,025‰) si rilevò la notevole

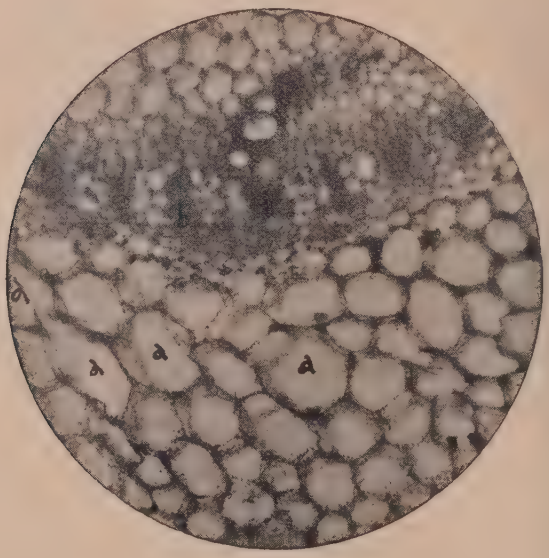

Fig. 8 – Sezione di fusto di Fagiuolo sviluppato in assenza di Boro.
a) ipertrofia di alcune cellule del parenchima corticale
b) aree di disintegrazione

riduzione della regione fibro-vascolare e del parenchima corticale ed in genere una riduzione dei tessuti di sostegno mentre le pareti cellulari del tessuto corticale mostravano evidenti segni di degenerazione pectica.

Al termine dell'esperienza le piante furono essiccate e inceneri-te, e nelle ceneri determinate le quantità di B e di P_2O_5 presenti:

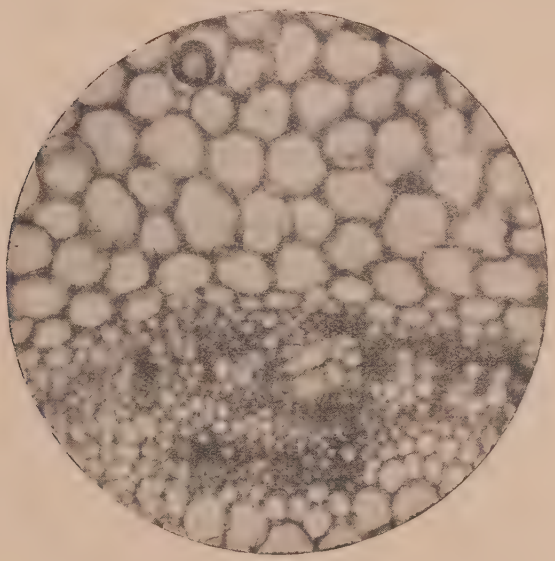

Fig 9 – Sezione di fusto di Fagiuolo sviluppato in presenza di quantità moderate di Boro (B = 0.0005‰).

N° dei vaso (ogni vaso 1 pianta)	mgr. di s. sec. a 110° nei vasi p. aerea	radici	totale	p. pianta	mgr. di ceneri nei vasi p. aerea	radici	totale	p. pianta	mgr. B in 100 di ceneri	mgr. P_2O_5 in 100 di cen.
1 – 2 Controllo	275	76	351	175.5	46	19	65	32.5	0.00307	22.61
3 – 4 B = 0.0005‰	336	91	427	213.5	64	21	85	42.5	0.00588	17.29
5 – 6 B = 0.001 „	275	58	433	166.5	51	17	68	34.–	0.01470	16.56
7 – 8 B = 0.005 „	412	89	501	250.5	85	25	110	55.–	0.01363	16.03
9 –10 B = 0.01 „	210	50	260	260.–	39	16	55	55.–	0.03636	17.81
11 –12 B = 0.025 „	325	92	417	208.5	66	30	96	48.–	0.15625	15.31

Questa esperienza su Fagiuoli confermò quanto era stato ottenuto con il Frumento e, cioè, che:

a) – piante di Fagiuolo allevate in soluzione di Knop risentono notevole vantaggio da aggiunte di Boro fino ad una quantità massi-

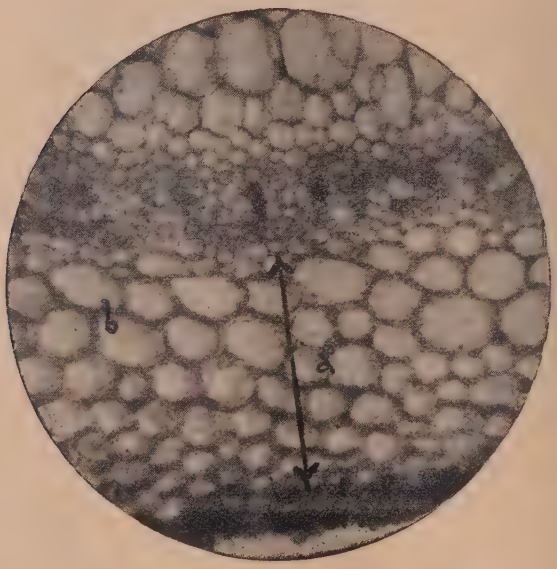

Fig. 10 – Sezione di fusto di Fagiuoli sviluppato in presenza di quantità eccessive di Boro (B = 0.025‰).

sima dello 0,01‰ mentre la quantità dello 0,025 è tossica;

b) – in assenza di Boro, o in eccesso, si hanno turbe di accrescimento ed alterazioni istologiche più o meno profonde: le prime che riguardano l'eccesso, consistono in ingiallimento e arrotolamento dei margini fogliari dove compaiono aree di necrotizzazione; le seconde si riferiscono alla regione dei fasci ed al parenchima corticale;

c) – l'assorbimento del Boro è proporzionale alle quantità presenti nel mezzo;

d) – aumentando le quantità di Boro assorbito, diminuisce la quantità di Fosforo.

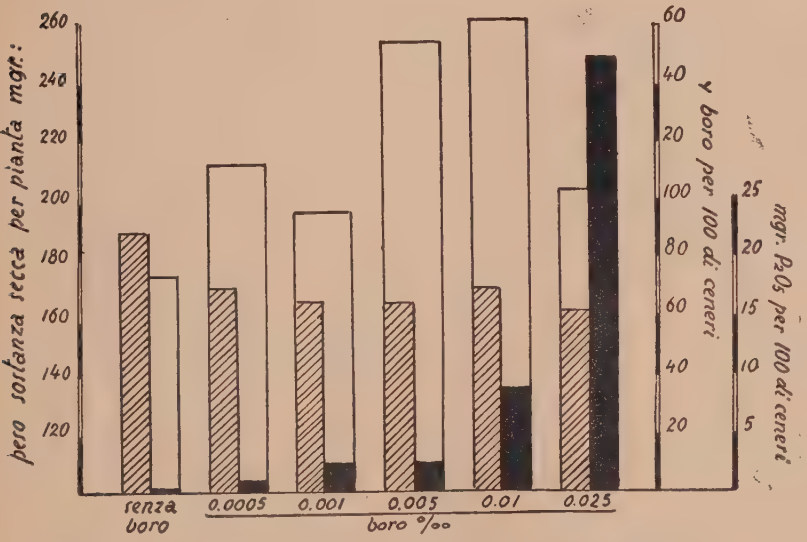

Fig. 11 – Produzione di sostanza secca per pianta (rettangolo bianco).
Quantità percentuali di B assorbite (rettangolo nero)
" " " P_2O_5 " (rettangolo a tratto)
in piantine di Fagiuolo allevate in soluzione di KNOP presente o assente Boro.

Esperienza II – Soluzione di MAZÉ:

N° dei vasi (ogni vaso una pianta)	B aggiunto gr. ‰
1–2	—
3	0.00005 gr. 0.00028 H_3BO_3
4	0.0001 gr. 0.00056 H_3BO_3
5	0.00025 gr. 0.0014 H_3BO_3
6	0.0005 gr. 0.0028 H_3BO_3

Come per l'esperienza precedente, i semi di Fagiuoli furono fatti germinare a parte e poi trasportati nelle soluzioni. Le plantule furono mantenute per un numero determinato di giorni, indi essiccate e incenerite, ottenendosi i seguenti dati, tra i quali figurano anche le quantità percentuali di B e P_2O_5 presenti nelle ceneri:

N° dei vasi (ogni vaso 1 pianta)	mgr. di sostanza secca a 110°C.	ceneri mgr.	B mgr. in 100 di ceneri	P_2O_5 mgr. in 100 di ceneri
1 – controllo	165.2	22.6		
2 – controllo	167.8	25.–		
media controllo	166.5	23.8	0.00210	20.38
3 – B = 0.00005 ‰	237.6	39.–	0.03846	19.43
4 – B = 0.0001 ‰	173.2	20.8	0.08653	18.06
5 – B = 0.00020 ‰	149.6	18.6	0.16129	16.82
6 – B = 0.0005 ‰	140.4	18.1	0.33333	15.40

Anche nella soluzione Mazè, adunque, l'influenza del Boro è stata evidentissima e favorevole per aggiunte pari allo 0,00005 ‰. Sfavorevole, invece, per concentrazioni superiori.

Come si è verificato per il Frumento i limiti di tollerabilità per l'elemento in questa soluzione si sono fortemente abbassati. L'assorbimento del Boro è stato proporzionale alle quantità aggiunte: aumentando le quantità di Boro presenti nel mezzo diminuisce l'assorbimento del Fosforo.

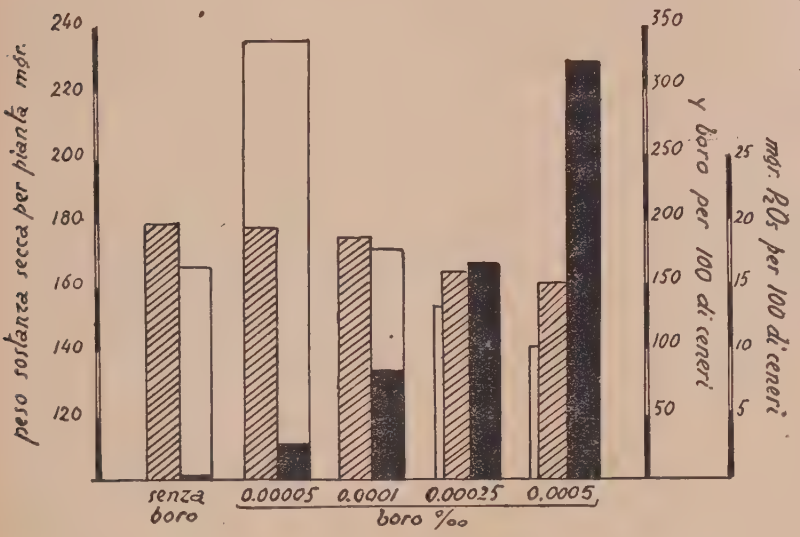

Fig. 12 – Produzione di sostanza secca per pianta (rettangolo bianco).
Quantità percentuali di Boro assorbite (rettangolo nero)
„ „ „ P_2O_5 „ (rettangolo a tratto)
in piantine di Fagiuolo allevate nella sol. Mazè presente o assente Boro.

Senape bianca

Esperienza I – Soluzione di Knop.

N° dei vasi (ogni vaso 3 piante)	B aggiunto gr. ‰
1–2	—
3	0.0005 gr. 0.0028 H_3BO_3
4	0.005 gr. 0.028 H_3BO_3
5	0.05 gr. 0.28 H_3BO_3
6	0.1 gr. 0.56 H_3BO_3

Semi di Senape bianca furono messi a germinare in sabbia il 24. III. 37; il 21. IV. 37 furono tolte le plantule e trasportate nelle

soluzioni. L'esperienza fu protratta per un determinato tempo durante il quale furono eseguite osservazioni generiche sullo sviluppo e il comportamento delle piante. L'aspetto di esse al 12. V. 37 è documento dalla fig. 13.

Gli effetti dell'eccesso furono sensibilissimi nella concentrazione massima (B = 0,1‰) sotto forma di arrotolamento dei margini fogliari e seccume dei medesimi seguiti da precoce caduta delle foglie e da un generale intristimento della pianta. Inizio di arrotolamento e disseccamento marginale fu notato anche nel vaso contenente B 0.05‰.

A tali turbe di accrescimento si accompagnarono deviazioni istologiche siccome risulta dalle annesse fotografie.

In particolare, in piantine B-carenti, si notò una riduzione dello strato corticale con distensione circolare delle cellule; riduzione della zona cambiale con aree di disintegrazione. Nelle B-eccedenti si riscontrò riduzione generale di tutti i sistemi di tessuti, specie quelli meccanici e di sostegno, e frequente disintegrazione del cambio.

Le piantine, a termine esperienza, essiccate e incenerite dettero i seguenti valori:

N° dei vasi (ogni vaso n° 3 piante)	mgr. di s. secca a 110°C. nei vasi foglie	radici	totale	per pianta	mgr. di ceneri nei vasi foglie	radici	totale	per pianta	B in 100 di ceneri	P_2O_5 in 100 di ceneri
1 – controllo	139	28	167	55.7	36	5	41.–	13.7		
2 – controllo	105	20	125	41.2	25	4	29.–	9.7		
media controlli			146	48,7			35.–	7.8	0.01219	37.34
3 – B = 0.0005 ‰	180	30	210	70.–	30.5	7	37.5	12.5	0.02666	26.20
4 – B = 0.005 ‰	138	24	162	54.–	33	5	38.–	12,7	0.02631	20.63
5 – B = 0.05 ‰	105	15	120	40.–	22	2	24.–	8.–	0.20833	28.33
6 – B = 0.1 ‰	79	9	88	29.3	19	1.4	20.4	6.8	0.73529	22.05

Anche per la Senape, l'esperienza dimostra che i fatti si svolgono in maniera del tutto comparabile a quelli registrati nelle colture di Frumento e di Fagiuoli.

Fig. 13 – Sviluppo di piante di Senape bianca in soluzione di Knop – Plantule messe in soluzione il 21–IV–37, fotografate il 12–V–37.
a, controllo senza Boro; *b*, B = 0,0005‰; *c*, B = 0.005‰; *d*, B = 0.05 , *e*, B = 0.1‰

Esperienza II – Soluzione di Mazé

N° dei vasi (ogni vaso 3 piante)	B aggiunto gr. ‰
1–2	—
3	0.00005 gr. 0.00028 H_3BO_3
4	0.0001 gr. 0.00056 H_3BO_3
5	0.00025 gr. 0.0014 H_3BO_3
6	0.0005 gr. 0.0028 H_3BO_3

Come per l'esperienza 1.ª i semi furono fatti germinare a parte in sabbia, ponendoveli il 24. III. 37. Il 5. IV. 37 furono trasportati nei vasi contenenti le soluzioni. La vegetazione fu seguita per tutta la durata dell'esperienza, rilevandosi il differente sviluppo che apparve maggiore nei vasi contenenti le più piccole quantità di Boro. Il fatto è illustrato dalla Fig. 18 che rappresenta le piantine al 12.V.37.

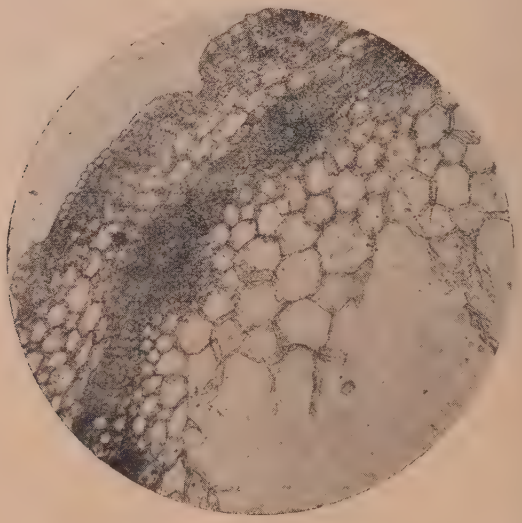

Fig. 14 – Sezione di fusto di Senape sviluppata in assenza di Boro.

Eseguiti, a fine esperienza, tagli dei fusticini, le sezioni misero in evidenza differenze istologiche relative al diverso sviluppo delle piante.

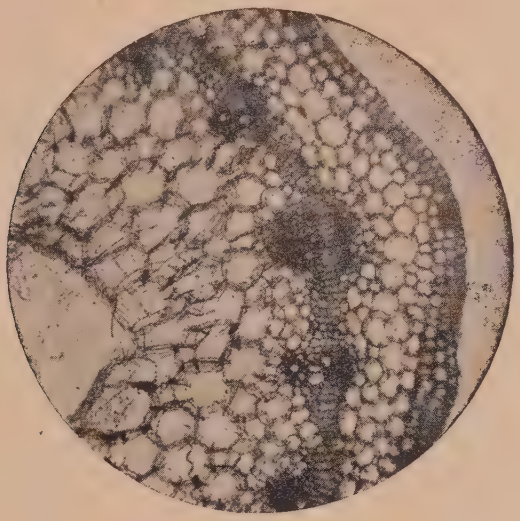

Fig. 15 – Sezione di fusto di Senape sviluppata in presenza dello 0.0005 ‰ di Boro.

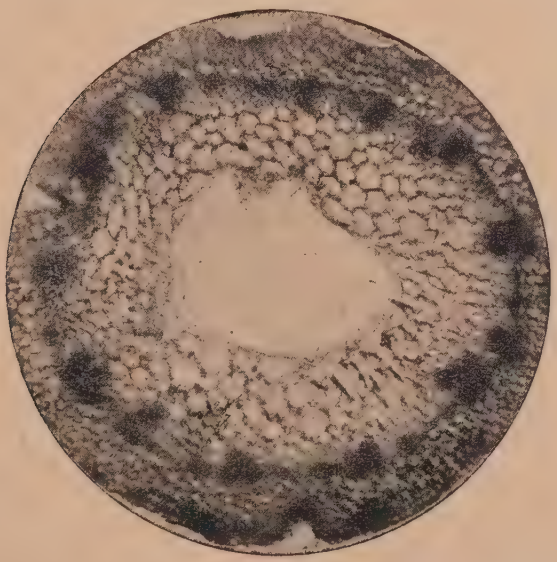

Fig. 16 – Sezione di fusto di Senape sviluppata in presenza della 0.1 ‰ di Boro.

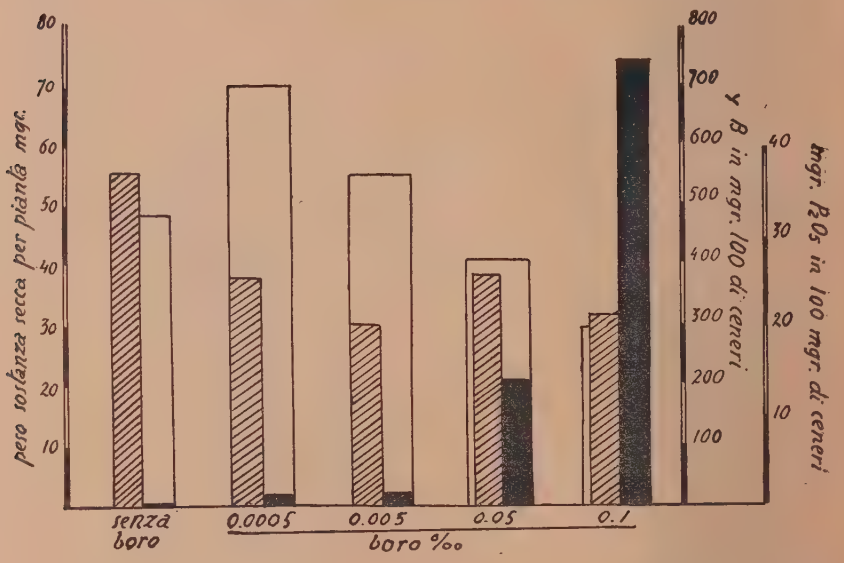

Fig. 17 – Produzione di sostanza secca per pianta (rett. bianco), quantità percentuali di Boro (rett. nero) e di P_2O_5 (rett. a tratto) assorbite in piante di Senape bianca allevate in soluzione di KNOP presente o assente Boro.

Queste essiccate, incenerite e pesate dettero i valori seguenti:

N° dei vasi (ogni vaso n° 3 piante)	mgr. di s. secca a 110°C. nei vasi: parte aerea	radici	totale	per pianta	mgr di ceneri totale	per pianta	B in 100 mgr di ceneri
1 – Controllo	73	12	85.–	28.33	11	3,66	
2 – Controllo	52	8	60.–	20.—	17	5,66	
media controlli			72.5	24.16	14	4,66	0.01785
3 – B = 0.00005 ‰	88	15	103.–	34.33	26	8,66	0.03846
4 – B = 0.0001 ‰	79	18	97.–	32.33	22	7,33	0.04545
5 – B = 0.00025 ‰	54	12	66.–	22.—	8	2,66	0.26250
6 – B = 0,0005 ‰	54	12	66.–	22.—	8	2,66	0.26250

I risultati conseguiti attraverso questa esperienza ripetono con molta analogia quelli delle esperienze precedenti. E, cioè, per non ricordare altro, che la quantità di B ritenuta ottimale nella soluzione di KNOP diviene tossica nella soluzione di MAZÈ.

Fig. 18 – Sviluppo di piante di Senape bianca in soluzione MAZÉ. Plantule messe in soluzione il 5 – IV – 1937, fotografate il 12 – V – 1937.
a, controllo senza Boro; *b*, B = 0.00005‰; *c*, B = 0.0001‰; *d*, B = 0.00025‰, *e*, B = 0.0005 ‰.

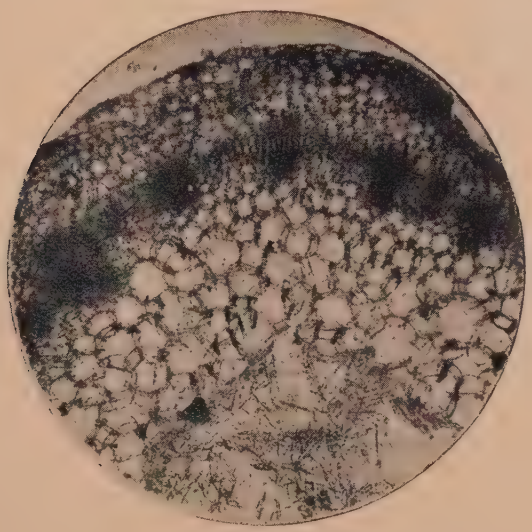

Fig. 19 – Sezione di fusto di Senape sviluppata in soluzione MAZÈ assente Boro.

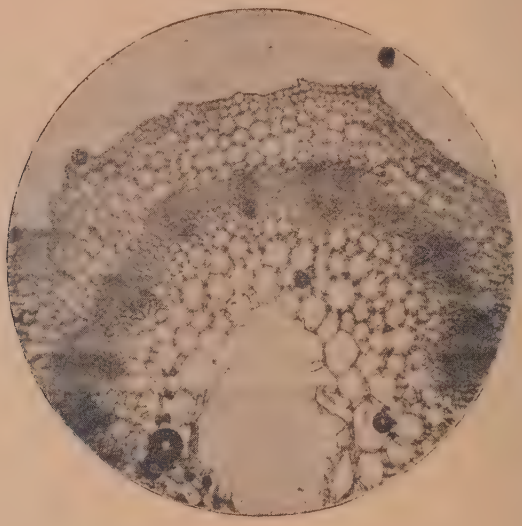

Fig. 20 – Sezione di fusto di Senape sviluppata in soluzione Mazè presente lo 0.00005‰ di Boro.

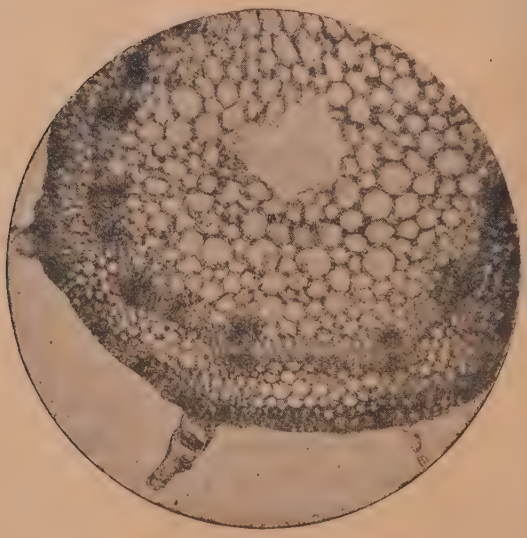

Fig. 21 – Sezione di fusto di Senape sviluppata in soluzione Mazè presente lo 0.0005‰ di Boro

Barbabietola

Esperienza I e II – Soluzione di Knop e di Mazè.

N° dei vasi (ogni vaso una pianta)		B aggiunto gr. ‰
soluzione di Knop	1	—
	2	0.0005 gr. 0.0028 H_3BO_3
	3	0.005 gr. 0.028 H_2BO_3
	4	0.05 gr. 0.28 H_3BO_3
	5	0.1 gr. 0.56 H_3BO_3
soluzione di Mazè	1	—
	2	0.00005 gr. 0.00028 H_3BO_3
	3	0.0001 gr. 0.00056 H_3BO_3
	4	0.00025 gr. 0.0014 H_3BO_3
	5	0.0005 gr. 0.0028 H_3BO_3

Glomeruli di Barbabietola furono fatti germinare in sabbia ove vennero messi il 25. III. 37. Il 20. IV. 37 vennero trasportati nelle soluzioni e ivi mantenuti per un numero determinato di giorni.

Durante il corso della vegetazione risultò evidente il miglior aspetto delle piantine allevate in presenza di piccole quantità di Boro rispetto alle Boro-carenti, sia nella soluzione di Knop che in quella di Mazè. Nella prima soluzione, tuttavia, le più forti concentrazioni provocarono disturbi manifestantisi con decolorazione delle foglie e arrotolamento dei loro margini seguito dal disseccamento dell' intiero lembo.

Fig. 22 – Sviluppo di piantine di Barbabietola in soluzione di KNOP – messe in soluzione il 20–IV–1937, fotografate il 12–V–1937.
a, controllo senza Boro; *b*, B = 0.0005 ‰; *c*, B = 0.005 ‰; *d*, B = 0.05 ‰; *e*, B = 0.1 ‰.

Fig. 23 – Sviluppo di piantine di Barbabietola in soluzione di MAZÉ – messe in soluzione il 20–IV–1937, fotografate il 12–V–1937.
a, controllo senza Boro; *b*, B = 0.00005 ‰; *c*, B = 0.0001 ‰; *d*, B = 0.00025 ‰; *e*, B = 0.0005 ‰.

A termine esperienza le piantine furono essiccate in stufa a 110° C. e pesate risultando:

	Peso in mgr. di s. secca di una piantina in sol. di KNOP		Peso in mgr. di s. secca di una piantina in sol. MAZÉ
Controllo	92.5	Controllo	85.–
B = 0.0005 ‰	112.–	B = 0.00005 ‰	92.6
B = 0.005 „	64.7	B = 0.0001 „	89.4
B = 0.05 „	49.–	B = 0.00025 „	55.6
B = 0.1 „	36.–	B = 0.0005 „	40.–

Indubbia è apparsa anche per la Bietola, adunque, la benefica influenza di moderate quantità di Boro. Come per Frumento, Fagiuoli,

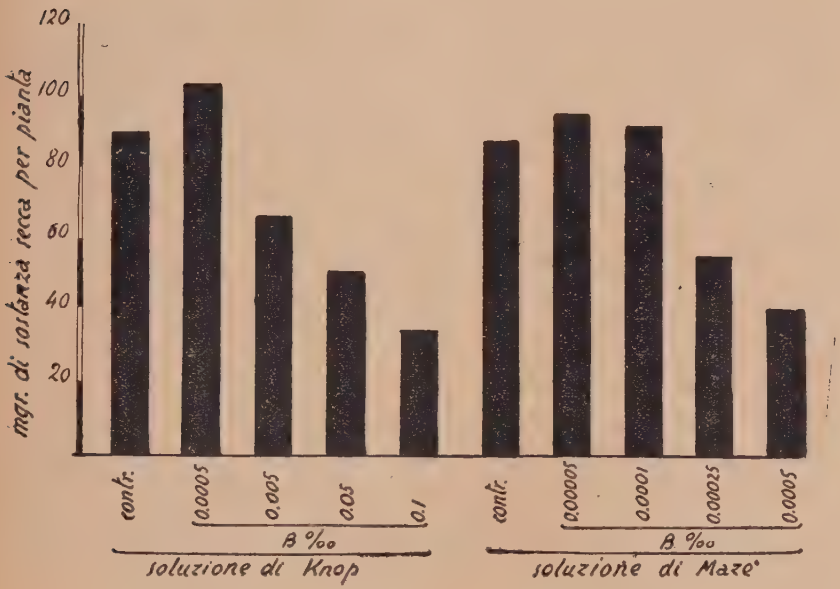

Fig. 24 – Produzione di sostanza secca per pianta di B. bietola sviluppata nelle soluzioni di Knop e di Mazè, assente o presente Boro in varie quantità.

Senape, la dose ritenuta ottimale nella soluzione di Knop ha avuto effetti tossici nella soluzione di Mazè.

3. – Considerazioni generali e prove complementari.

L'influenza benefica del Boro sugli organismi vegetali appare ormai accertata semprechè la sua somministrazione sia contenuta entro determinati limiti.

Il **fattore dose** ha per questo elemento, come per tutti i così

detti piccoli elementi, grande valore; più di quanto non lo abbia per gli elementi ritenuti fondamentali (N, P, K, ecc.).

Il fattore dose, ad ogni modo, appare strettamente legato alla **composizione del mezzo.** Sperimentando con due substrati diversi rappresentati uno dalla soluzione di KNOP, l'altro dalla soluzione di MAZÈ, rispettivamente provviste di un carico scarsissimo o più o meno completo in elementi oligodinamici, sia su piante di Frumento che su altre piante, si sono ottenuti risultati diversissimi presente una medesima quantità di Boro.

Lo 0.0005‰ di Boro, ad esempio, mentre ha dato in ogni caso risultati favorevoli se aggiunto nella soluzione di KNOP, ha portato ad effetti decisamente tossici nella soluzione di MAZÉ. In questa, per avere qualche risultato favorevole di fronte ai controlli B-carenti, si è dovuto scendere a concentrazioni dello 0-00005 ‰.

La segnalazione di questo diverso comportamento del B in substrati a varia composizione potrebbe spiegare i risultati discordanti o contrastanti conseguiti attraverso gli esperimenti fatti su terreno.

Consultando la bibliografia non uno sperimentatore si trova che fissi per un determinato effetto una quantità di Boro che abbia riscontro con quelle fissate nella sperimentazione precedente.

Ne consegue che i dati rilevati e le conclusioni da essi tratte perdono quel valore che talvolta potrebbe ad essi attribuirsi indipendentemente dalla composizione del mezzo in cui si sperimenta e che non sempre è possibile di determinare.

Perchè il Boro esplichi questo diverso comportamento in dipendenza del mezzo non è facile di stabilire. Certamente deve escludersi che la sua azione interferisca con gli elementi fondamentali (N, P, K).

Si prospetta, allora, la *questione dei* **rapporti con il Calcio;** questione peraltro ancora discussa.

Infatti, mentre secondo alcuni sperimentatori il B verrebbe a rendersi inutilizzabile qualora siano presenti forti quantità di car-

bonato di Calcio; secondo altri il Boro servirebbe ad eliminare gli effetti nocivi delle supercalcitazioni. Nella soluzione di KNOP, ove il Boro è maggiormente tollerato, è presente Calcio sotto forma di sale solubile (nitrato 1 $^{0}/_{00}$); nella soluzione di MAZÈ sotto forma, invece, praticamente insolubile (carbonato 1,5 $^{0}/_{00}$). Onde chiarire il diverso comportamento dei sali di Calcio e allo scopo di avere qualche dato che potesse contribuire a risolvere la questione della possibile interferenza tra le azioni del B e del Ca è stata allestita una serie di esperienze, allevando comparativamente piantine di Frumento in:

1. - sol. di MAZÈ integrale presente cioè $CaCO_3$;
2. - sol. di MAZÈ presente nitrato di Calcio al posto del nitrato sodico e assente $CaCO_3$;
3. - sol. di MAZÈ assente Calcio sotto qualsiasi forma.

In ogni caso, poi, vennero aggiunte quantità varie di B comprese entro i limiti: 0.00005 — 0.05 $^{0}/_{00}$ siccome risulta dalla seguente Tabella ove figurano i dati tratti dall'esperienza (1).

Questi dati sono quanto mai significativi.

Una prima considerazione di ordine generico è quella relativa allo sviluppo d'insieme che appare maggiore nella serie contenente $CaCO_3$ (soluzione di MAZÈ integrale) che non nelle altre due. Ciò è spiegato dal fatto che una è Ca-carente, mentre l'altra è Ph-carente per avvenuta immobilizzazione del Fosforo a seguito di reazioni determinatesi nel liquido tra il fosfato bipotassico e il nitrato di Calcio.

Passando a considerare gli effetti del Boro nelle tre serie, si scorge come essi si siano manifestati in modo diverso, correlativamente

(1) – I dati relativi ai pesi della sostanza secca e delle ceneri si riferiscono a n. 10 piantine.

	senza Boro			B = gr. 0.00005 ‰			B = gr. 0.0005 ‰			B = gr. 0.005 ‰			B = gr. 0,05 ‰	
	Sostanza secca a 110°C mgr.	Ceneri mgr.	mgr. di B per 100 di ceneri	Sostanza secca a 110°C mgr	Ceneri mgr.	mgr. di B per 100 di ceneri	Sostanza secca a 110°C mgr.	Ceneri mgr.	mgr. di B per 100 di ceneri	Sostanza secca a 110°C mgr.	Ceneri mgr.	mgr. di B per 100 di ceneri	Sostanza secca a 110°C mgr.	Ceneri mgr.	mgr. di B per 100 di ceneri
1° Sol. Mazè integrale: $CaCO_3$ 1,5 ‰	440	80	0.0014	442	78	0.0012	428	78	0.0027	408	74	0.0100	383	63	0.1505
2° id. con: $Ca(NO_3)_2$ 1,3 ‰	345	68	0.0010	360	73	0.0010	425	75	0.0010	385	65	0.0015	381	62	0.0105
3° id. senza Ca	395	72	0.0007	408	79	0.0014	380	67	0.0030	348	65	0.0152	305	48	0.2091

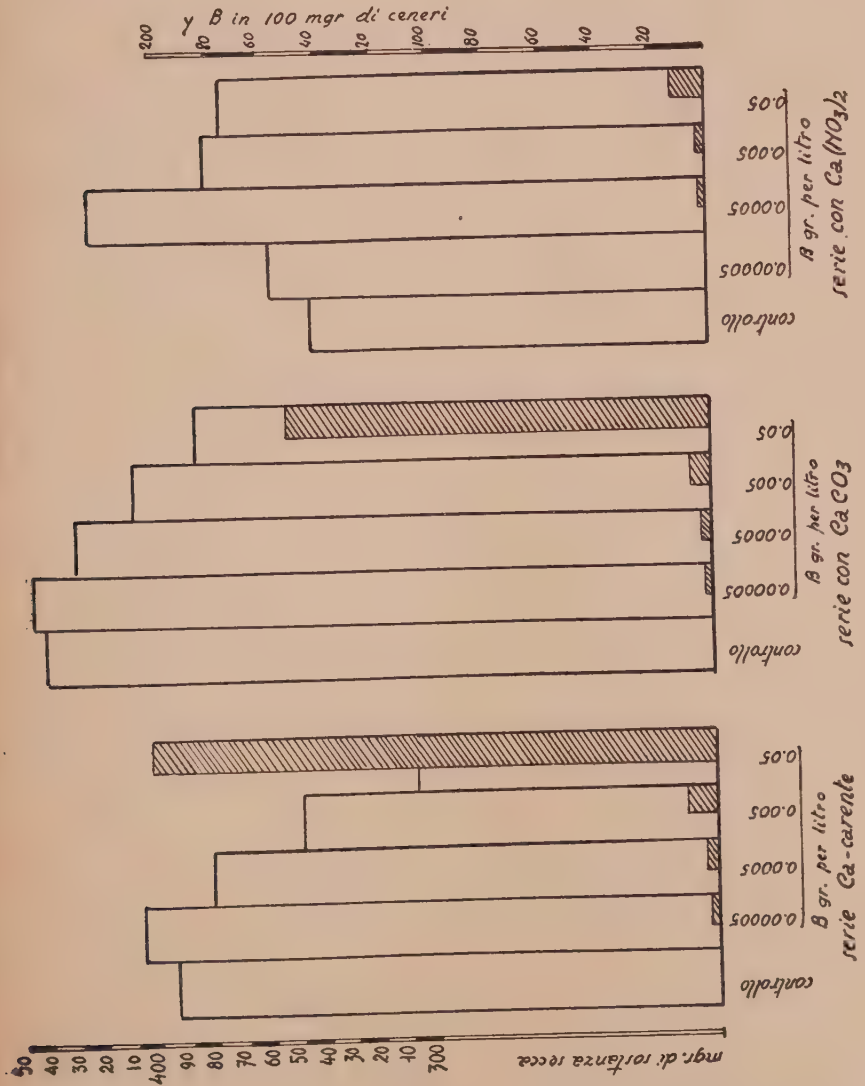

Fig. 25 – Peso di sostanza secca raccolta in mezzi non contenenti o contenenti Calcio, presente o non Boro (rettangoli bianchi); e quantità di elemento assorbito dalle piante nelle diverse soluzioni (rettangoli a tratto).

all' assenza o presenza di Calcio e alla forma di salificazione di questo elemento.

Azione sopratutto tossica rispetto ai controlli il B ha così manifestato nella serie Ca-carente ; azione meno tossica, ma con comportamento comparabile nella serie contenente $CaCO_3$; infine, azione non più tossica nella serie contenente $Ca(NO_3)_2$. Tutto ciò prescindendo dallo sviluppo minore in questa serie e in quella Ca-carente per le ragioni esposte.

Da ciò si palesa come il calcio esplicherebbe un' azione disintossicante rispetto al Boro in relazione alla forma sotto la quale trovasi salificato.

Potrebbe, adunque, aversi una qualche ragione del diverso comportamento del Boro nelle due soluzioni sperimentate.

Tuttavia si è voluto ricercare anche se e quale influenza fosse stata potuta esercitare dal **vario carico in elementi oligodinamici** presenti nei due liquidi.

La soluzione di KNOP ne è, può dirsi, priva. La soluzione di MAZÈ, invece, ne contiene numerosi e in quantità tali da ritenersi in soddisfacente equilibrio. Siccome, per quanto è dato di conoscere, tali elementi "piccolissimi,, esplicano un' azione in parte specifica e quindi insostituibile, si può arguire che il Boro nella soluzione di KNOP esplichi azione vicariante di stimolo rispetto agli altri elementi e che pertanto la sua presenza sia tollerata in maggiori dosi.

Nella soluzione di MAZÈ agisce favorevolmente in piccole quantità per quel tanto, che, sopratutto, vale la sua azione specifica. Una quantità superiore può determinare un sovracarico in elementi ad effetto oligodinamico causa di minore tollerabilità.

Probabilmente un comportamento analogo potrebbero averlo altri elementi e quindi ottenersi una *legge del carico limite in oligodinamici* che varrebbe la pena di determinare.

Comunque, per quel che riguarda le presenti ricerche, sono state eseguite al riguardo alcune esperienze.

Esp. 1.ª – Nella soluzione di Mazè integrale è stato aggiunto Boro in quantità accertata tossica (0.0005 ‰).

Inoltre, la stessa quantità è stata aggiunta in soluzioni prive più o meno di elementi oligodinamici.

Esattamente:

1 - Mazè integrale senza Boro
2 - « « + 0.0005 ‰
3 - « priva di Si — Zn — B
4 - « « Si — Zn + B 0.0005 ‰
5 - « « Al — F — J — Mn — B
6 - « « Al — F — J — Mn + B 0.0005 ‰
7 - « « Si — Zn — Mn — Al — F — J — B
8 - « « Si — Zn — Mn — Al — F — J + + B 0.0005 ‰

In ognuna di queste soluzioni è stato allevato uno stesso numero di piantine di Frumento per un determinato numero di giorni.

	sostanza verde gr.	s. secca a 110°C gr.	ceneri mgr.	B su 100 di ceneri
1	0.245	0.205	36	tr.
2	0.221	0.193	44	0.0011
3	0.211	0.181	39	tr.
4	0.221	0.193	38	0.0131
5	0.200	0.174	34	tr.
6	0.211	0.183	38	0.0131
7	0.211	0.178	28	tr.
8	0.245	0.206	37	0.0130

N. relativi alle esperienze giusta quanto è stato prospettato in precedenza.

Indi, seccate e incenerite, si è ottenuto quanto nella Tab. precedente (veggasi anche il grafico di Fig. 26):

Comparando la serie senza Boro (1 – 3 – 5 – 7) si nota che, diminuendo gli oligodinamici, diminuiscono i dati di produzione; com-

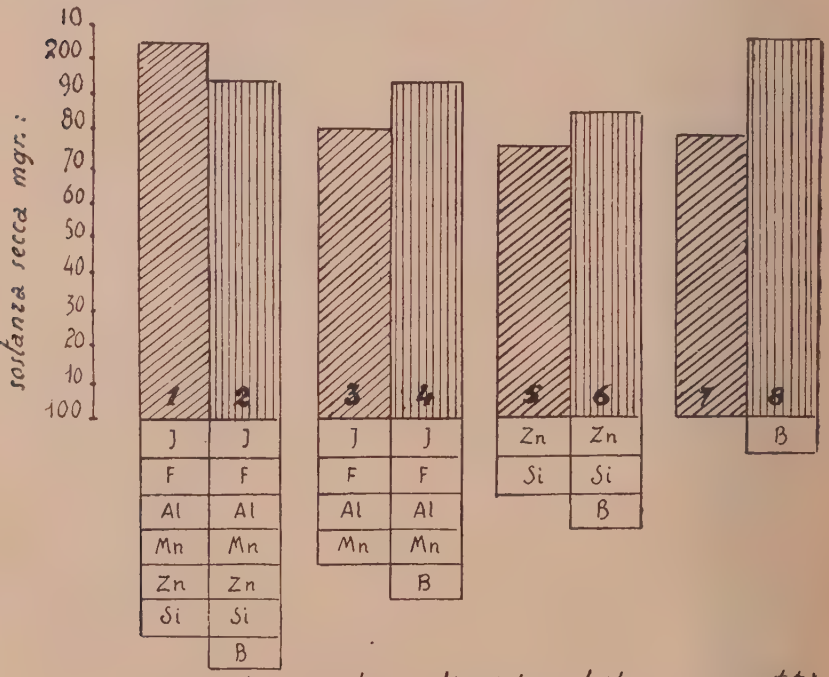

Fig. 26 – Pesi di sostanza secca raccolta in mezzi contenenti un numero maggiore o minore di oligodinamici, presente, o non, Boro.

parando le serie con B (2 – 4 – 6 – 8) si vede che tale diminuzione si fa meno evidente.

Comparando infine – ed è ciò che più ci interessa – le coppie 1-2, 3-4, 5-6, 7-8 si nota che la tossicità del Boro manifestatasi nella serie 2va, in confronto ai rispettivi controlli, diminuendo, anzi scomparendo, in correlazione al diminuito carico in oligodinamici. Notisi che, in ogni caso, trovavasi presente $CaCO_3$ per quanto è contenuto nella soluzione di Mazè.

Esp. 2.ª Nella esp. precedente è stato diminuito il carico in oligodinamici e tenuta fissa la quantità di B. Nella presente esperienza invece, si è voluto aumentare il contenuto in Boro mentre diminuiva il carico in oligodinamici.

E, cioè:	B, gr $^0/_{00}$ =
1 – Mazè integrale	0.0005 (dose ottim.)
2 – « priva di Si	0.00010 („ tossica)
3 – « « « Si e Zn	0.00015
4 – « « « Si — Zn — Mn	0.00020
5 – « « « Si — Zn — Mn — Al	0.00025
6 – « « « Si — Zn — Mn — Al — Fl	0.00030
7 – « « « Si — Zn — Mn — Al — Fl — I	0,00045

Allevandosi, in ugual numero per ogni serie, piantine di Frumento, sono stati ottenuti i seguenti risultati (v. anche Fig. 27):

		s. a secca 110°C. mgr.	ceneri mgr.	B per 100 di ceneri
N. relativi alle esperienze giusta quanto è stato prospettato in precedenza.	1	315	48	0.00208
	2	316	51	0.00196
	3	343	60	0.00500
	4	348	43	?
	5	342	63	0.00487
	6	380	66	0.00510
	7	360	54	?

Tali risultati permettono di concludere che, aumentando il carico in Boro fino a raggiungere quantità decisamente tossiche in esclu-

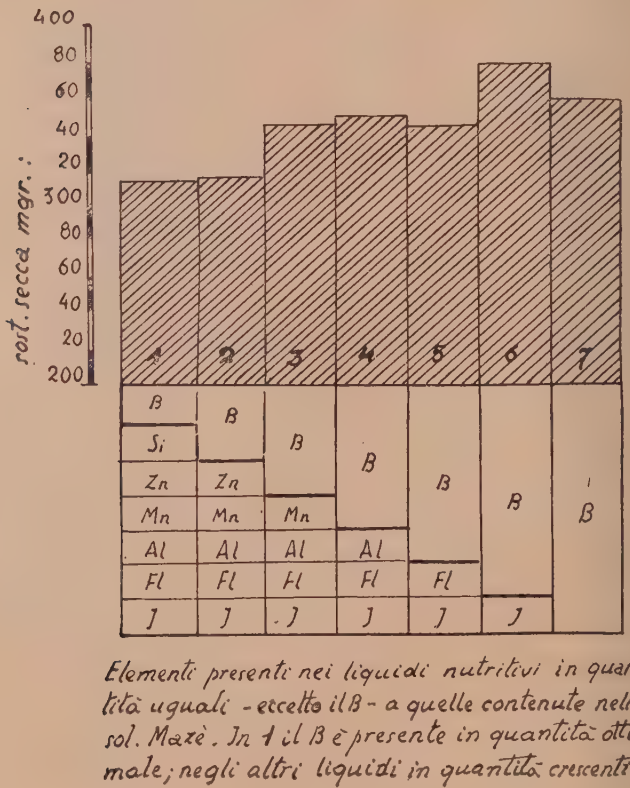

Fig. 27 – Peso di sostanza secca raccolta in mezzi contenenti varie quantità in elementi oligodinamici e in Boro.

sione di altri elementi oligodinamici, tali quantità non dimostrano più effetto tossico: lo presenterebbero, anzi, tendenzialmente favorevole.

Considerando le due soluzioni, Mazè e Knop, dal punto di vista del carico in oligodinamici, può dirsi che la soluzione 1 si iden-

tifichi con la sol. di Mazè e la 7 con la sol. di Knop. Orbene, ancora una volta, rimane confermato in pieno il diverso comportamento del Boro nei due liquidi, anche se presente Ca sotto una medesima forma di combinazione.

Esp. 3.ª - In questa esperienza si sono voluti ricercare gli effetti di un maggiorato carico in oligodinamici presente Boro, aggiunto in ragione dello 0.00005 ‰ alle soluzioni nelle quali i composti, contenenti i detti elementi, erano impiegati in quantità uguali o doppie a quelle della soluzione di Mazè.

Si coltivarono piantine di Frumento, come di solito, ottenendosi (v. anche Fig. 28):

	s. secca a 110° mgr.
1 - Mazè integrale (presente Boro)	414
2 - » » » » con doppio Si	335
3 - » » » » » Zn	398
4 - » » » » » Mn	315
5 - » » » » » Al	295
6 - » » » » » Fl	387
7 - » » » » » J	316

L'esperienza indica che, qualora si aumenti il carico in oligodinamici qualsiasi, si ottiene sempre, più o meno, una resa inferiore al controllo. Singolare è il fatto di aversi un abbassamento molto forte in presenza di quantità doppie di Silicio; forse perchè si verificherebbe una B-carenza in conseguenza della probabile formazione di un composto silico-borico.

Esp. 4.ª - Rimaneva ancora a determinare se fatti del genere si fossero ripetuti in assenza di Boro, ferme restando le quantità degli altri elementi come nella esperienza precedente.

Coltivando, come al solito, piantine di Frumento fu ottenuto (v. anche Fig. 29).

		s. secca a 110° C. mgr.
1 – Mazè integrale	assente in ogni caso B	373
2 – » » con doppio Si		320
3 – » » » Zn		351
4 – » » » Mn		299
5 – » » » Al		346
6 – » » » Fl		235
7 – » » » J		345

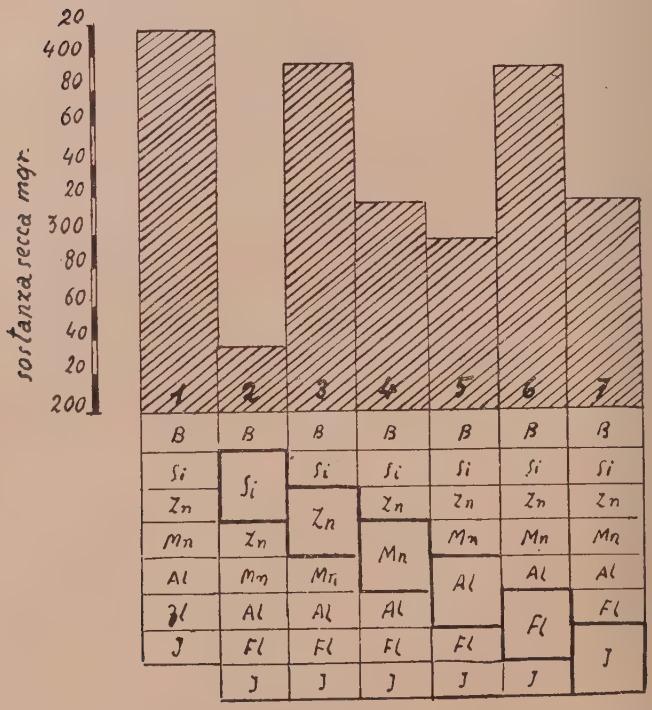

Fig. 28 – Peso di sostanza secca raccolta da coltura di Frumento in liquidi contenenti, insieme ad una fissa quantità di Boro, un carico semplice o doppio degli altri elementi oligodinamici. (Notisi come a minore quantità di sostanza raccolta corrispondano carichi maggiori).

I dati raccolti indicano che, anche in assenza di Boro, maggiorando il carico in elementi oligodinamici il prodotto, rispetto al controllo, tende ad abbassarsi.

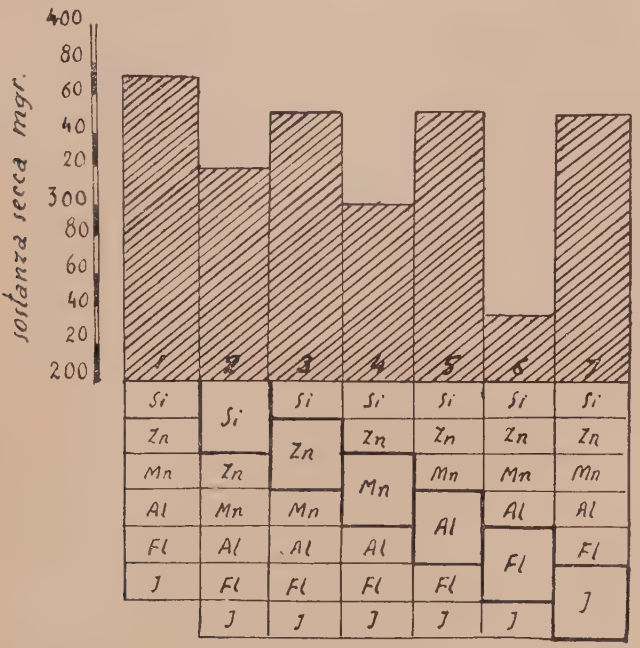

Fig. 29 – Peso di sostanza secca raccolta da colture di Frumento in liquidi contenenti quantità doppie di uno o di un altro degli elementi oligodinamici, assente B.

CONCLUSIONI

Sperimentando l'azione del Boro su plantule di Frumento, Fagiuolo, Senape bianca e Barbabietola è stato accertato che *la presenza di tale elemento è favorevole al normale sviluppo di dette piante.*

Altresì è stato accertato che *l'influenza* esercitata dall'elemento *è in funzione del fattore-dose* in correlazione del *fattore-mezzo.*

Riferendosi a questo, è stata dimostrata l'*azione interferente del Calcio* (il quale agirebbe come disintossicante) e prospettata *l'azione più o meno contrastante di un sovraccarico in elementi oligodinamici.*

Di conseguenza - siccome emerge dai risultati ottenuti nelle singole esperienze colturali - non è dato di stabilire in modo assoluto le quantità di B ad azione sia favorente, come tossica.

Piuttosto, comparando tra loro i risultati ottenuti dalle diverse piante sperimentate, è dato di notare che, in ordine di minore tolleranza, si ottiene ordinatamente: Barbabietola, Fagiuoli, Frumento, infine, Senape bianca. Ciò del resto trovasi in accordo con alcuni reperti di BERTRAND e DE WAAL i quali riscontrarono nella Senape bianca quantità percentuali di Boro superiori a quelle presenti in piante di Frumento sviluppate sullo stesso terreno.

In particolare, rilevandosi gli effetti della tossicità, si è notato che essi si manifestano nel Frumento mediante fenomeni di decolorazione particolarmente visibili agli apici delle foglie che poco dopo disseccano; nei Fagiuoli, con ingiallimento ed arrotolamento del margine fogliare lungo il quale prendono origine aree necrotiche; nella Senape e nella Barbabietola, ancora con arrotolamento ed essiccamento dei margini, preceduti nella B. bietola da decolorazione del lembo.

Dal punto di vista istologico gli effetti della presenza di quantità forti di Boro provocarono nei Fagiuoli una riduzione della regione fibro-vascolare, come del parenchima corticale ed in genere una riduzione degli elementi di sostegno, mentre le pareti cellulari del tessuto corticale mostravano evidenti segni di degenerazione pectica.

Nelle piante di Senape B-carenti fu notata una riduzione dello strato corticale con distensione circolare delle cellule; riduzione della zona cambiale con aree di disintegrazione. Nelle piante B-eccedenti si osservò una riduzione generale di tutti i sistemi di tessuti, specie di quelli meccanici e di sostegno con frequente disintegrazione del cambio.

Un ultimo fatto, constatato in relazione al ridotto sviluppo dei tessuti di sostegno, fu la diminuzione dell'assorbimento del fosforo correlativamente all'entità della presenza di B nel mezzo.

Pisa, Facoltà di Agraria della R. Università
Istituto di Patologia vegetale e Microbiologia agraria

(Presentata il 16 ottobre 1937 - XV)